



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①9 Patentschrift
①0 DE 196 11 062 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 J 3/46
G 01 N 21/84
G 01 B 11/06
G 01 B 7/06
B 05 D 5/00

②1 Aktenzeichen: 196 11 062.9-52
②2 Anmeldetag: 21. 3. 96
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 6. 97

DE 196 11 062 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Herberts GmbH, 42285 Wuppertal, DE

⑦4 Vertreter:
Türk, Gille, Hrabal, Leifert, 40593 Düsseldorf

⑦2 Erfinder:
Rupieper, Paul, Dipl.-Phys., 42111 Wuppertal, DE;
Höffer, Michael, Dipl.-Ing., 42349 Wuppertal, DE;
Cramm, Joachim, 42327 Wuppertal, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 29 172 A1
DE 33 26 570 A1
EP 3 50 891 B1

KITTEL, H. (Hrsg.): Lehrbuch der Lacke und
Beschichtungen, Berlin und Oberschwandorf: Verlag
W.A. Colomb, 1980, S. 140-163 u. 240-269;
GOLDSCHMIDT, A. u.a.: Glasurit-Handbuch,
Hannover: Curt R. Vincentz Verlag, 1984, S. 220-241
u. S. 292-295;
OSTERHOLD, M. u. ARMBRUSTER, K.: European
Coatings Journal, 1995, Bd. 1-2, S. 32-35;

⑤4 Verfahren zur Charakterisierung mehrschichtig lackierter Oberflächen

⑤7 Verfahren zur Bestimmung der visuellen Wirkung von
Mehrschichtlackierungen, bei dem zwei oder mehrere Lack-
schichten auf die Oberfläche eines ebenen Substrats appli-
ziert und getrocknet oder gehärtet werden, wobei zwei der
Lackschichten mit einem im rechten Winkel zueinander
angeordneten Schichtdickegradienten appliziert werden,
und auf der so erhaltenen mehrschichtig lackierten Oberflä-
che anschließend an über die Oberfläche verteilten verschie-
denen Meßpunkten, jeweils eine oder mehrere den visuellen
Eindruck beeinflussende Oberflächeneigenschaften mittels
eines oder mehrerer optischer Meßverfahren, sowie die
jeweilige Dicke jeder einzelnen der beiden gradientenförmig
applizierten Lackschichten vermessen werden.

DE 196 11 062 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Charakterisierung mehrschichtig lackierter Oberflächen hinsichtlich ihrer visuellen Wirkung.

Die visuelle Wirkung einer mehrschichtig lackierten Oberfläche ergibt sich durch das Zusammenspiel verschiedener optischer Eindrücke wie z. B. Glanz, Struktur und Farbton, der sich wiederum aus dem Farbtort, der Helligkeit und der Farbstärke zusammensetzt. Dabei rührt der visuelle Eindruck im allgemeinen nicht nur von der äußeren Lackschicht her, sondern er kann auch aus einer oder mehreren darunter befindlichen Lackschichten beeinflusst werden. Eine Fülle von Methoden zur Charakterisierung einer lackierten Oberfläche, die geeignet sind deren visuelle Wirkung für das Auge des Betrachters zu beschreiben, ist bekannt. Bei spielen sind die dem Fachmann bekannten nach optischen Prinzipien arbeitenden Verfahren zur Glanzmessung, zur Messung des Glanzschleiers (Haze), zur Messung des Farbtons (Farbmetrik) und zur Bestimmung von Oberflächenstrukturen. Eine wesentliche Einflußgröße hinsichtlich der visuellen Wirkung einer mit einer Mehrschichtlackierung versehenen Oberfläche ist die Schichtdicke, in der die betreffenden Lackschichten appliziert worden sind. Soll eine mit einer Mehrschichtlackierung versehene Oberfläche hinsichtlich der visuellen Wirkung in Abhängigkeit von der Schichtdicke speziell interessierender Lackschichten charakterisiert werden, ist es notwendig, eine Vielzahl von Probeblechen zu lackieren und zu vermessen. Diese Vielzahl ergibt sich zum einen aus der Notwendigkeit mehrere Probebleche in unterschiedlicher Schichtdicke lackieren zu müssen und zum anderen deshalb, um einen statistischen Mittelwert, der erst eine Reproduzierbarkeit der erhaltenen Meßwerte gewährleistet, zu erhalten. Die Aussagekraft so erhaltener Meßwerte ist dennoch kritisch zu sehen, da die Korrelation mit dem visuellen Eindruck nur bedingt gegeben ist. Das menschliche Auge besitzt eine den visuellen Eindruck einer lackierten Fläche als Integral wahrnehmende Funktion.

Bereits aus DE 39 29 172 A1 bekannt ist eine Vorrichtung zur Bestimmung der Größenverteilung von Pigmentkörnern in einer Lackoberfläche.

Hierbei wird anstelle einer visuellen Beurteilung des Lackaufzugs eine objektive automatisierte Bewertung mit Hilfe einer optoelektronischen Apparatur durchgeführt.

DE 33 26 570 A1 beschreibt ein Verfahren zum Aufbringen von Konturen auf Werkstoffoberflächen, bei welchen die Markierungen auf ein Trägermaterial aufgebracht werden und diese als Einheit auf der Werkstoffoberfläche gekennzeichnet werden. Um dies zu erreichen, werden die aufzubringenden Konturen maschinell als gedruckte Folie vorgefertigt und erst bei Bedarf auf die Werkstückoberfläche aufgebracht.

Es besteht die Aufgabe, ein rationelles Verfahren zur Charakterisierung mehrschichtig lackierter Oberflächen hinsichtlich ihrer visuellen Wirkung in Abhängigkeit von der Schichtdicke von Lackschichten bereitzustellen. Das zu findende Verfahren soll reproduzierbare, gut mit der integrierenden Funktion des menschlichen Auges korrelierende Meßergebnisse liefern und soll die Schichtdickenabhängigkeit möglichst eindrucksvoll deutlich machen. Das Verfahren soll unter möglichst geringem Verbrauch an Lack und Probeblechen durchführbar sein und eingesetzt werden können im Bereich der Lackentwicklung, der Qualitätskontrolle in der

Lackfertigung, bei der Entwicklung sowie auch der Überwachung von Lackierprozessen, was sowohl den Applikations- als auch den Trocknungsprozeß umfaßt.

Es hat sich gezeigt, daß diese Aufgabe durch das einen Gegenstand der Erfindung bildende Verfahren zur Bestimmung der visuellen Wirkung von Mehrschichtlackierungen gelöst wird, das dadurch gekennzeichnet ist, daß zwei oder mehrere Lackschichten auf die Oberfläche eines ebenen Substrats appliziert und getrocknet oder gehärtet werden, wobei zwei der Lackschichten mit einem im rechten Winkel zueinander angeordneten Schichtdickengradienten appliziert werden, und auf der so erhaltenen mehrschichtig lackierten Oberfläche anschließend an über die Oberfläche verteilten verschiedenen Meßpunkten jeweils eine oder mehrere den visuellen Eindruck beeinflussende Oberflächeneigenschaften mittels eines oder mehrerer optischer Meßverfahren, sowie die jeweilige Dicke jeder einzelnen der beiden gradientenförmig applizierten Lackschichten vermessen werden.

Bevorzugt werden die Messungen anhand von Meßpunkten durchgeführt, die in Form eines gitterförmigen Rasters vollflächig über die Mehrschichtlackierung verteilt sind.

Es ist auch möglich die Messungen an nur einer interessierenden Teilfläche der mehrschichtig lackierten Oberfläche durchzuführen, wobei auch bei dieser Ausführungsform die Meßpunkte bevorzugt in Form eines gitterförmigen Rasters angeordnet sind.

Als Substrat mit einer ebenen Oberfläche werden bevorzugt Prüfbleche verwendet. Dieser Ausdruck wird im folgenden verwendet, ohne jedoch eine Einschränkung darzustellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es insbesondere, die erhaltenen optischen Meßpunkte in Korrelationsdiagramme zur jeweils zugehörigen Dicke der beiden keilförmigen Schichten einzutragen, beispielsweise in ein Korrelationsdiagramm in dreidimensionaler Darstellung (eine räumliche Darstellung aller optischen Meßpunkte als Funktion der beiden Schichtdicken) oder bevorzugt in Form einer Schar von Korrelationsdiagrammen (mehrere Darstellungen mit der entsprechenden Teilmenge der optischen Meßpunkte als Funktion der Schichtdicke der einen Lackschicht bei einer jeweils konstanten Schichtdicke der zweiten Lackschicht oder umgekehrt).

Das erfindungsgemäße Verfahren unterliegt keinerlei Beschränkung hinsichtlich der Art der Lacke bzw. Lackschichten. So können die zu charakterisierenden Oberflächen Mehrschichtlackierungen sein, zu deren Herstellung pigmenthaltige und/oder pigmentfreie Überzugsmittel eingesetzt werden. Beispiele sind Klarlacke, farb- und/oder effektgebende Basislacke, Decklacke und Füllerlacke. Zur Erzeugung der Lackschichten können lösemittelfreie, lösemittelhaltige oder wäßrige Flüssiglacke oder Pulverlacke eingesetzt werden. Die Überzugsmittel können Ein- oder Mehrkomponentenlacke sein, dabei kann es sich um physikalisch trocknende oder chemisch vernetzende (härtende) Systeme handeln. Bei den chemisch vernetzenden Systemen kann die Vernetzung thermisch oder durch energiereiche Strahlung induzierbar sein. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung kann Lacktrocknung physikalische Trocknung oder chemische Vernetzung einer Lackschicht bei Umgebungs- oder erhöhter Temperatur, beispielsweise durch Einbrennen oder Einwirkung von Wärmestrahlung (IR-Strahlung), oder auch durch energiereiche Strahlung, beispielsweise durch UV- oder

Elektronenstrahlung, induzierte chemische Vernetzung einer Lackschicht bedeuten.

Zwei der betreffenden Lackschichten einer Mehrschichtlackierung werden mit einem im rechten Winkel zueinander angeordneten Schichtdickengradienten, also jeweils in Form eines Keils bevorzugt mittels Spritzapplikation aufgetragen und getrocknet. Die beiden Schichtdickengradienten können dabei jeweils einen weiten Bereich überstreichen, beispielsweise einen Bereich zwischen 0 und 100 μm . Die Applikation und/oder die anschließende Trocknung können so durchgeführt werden, daß sich das Probeblech währenddessen in einer waagerechten Position befindet. Bevorzugt jedoch finden Applikation oder Trocknung, besonders bevorzugt Applikation und Trocknung insbesondere der beiden keilförmig applizierten Lackschichten, an einem außerhalb der Waagerechten befindlichen, besonders bevorzugt jeweils senkrecht ausgerichteten Probeblech statt. Dabei befindet sich der Bereich höchster Schichtdicke der keilförmig applizierten Lackschichten jeweils bevorzugt am unteren, d. h. erdnäheren Ende. Hierzu kann es beispielsweise zweckmäßig, aber nicht notwendig, sein, die erste keilförmig applizierte Lackschicht nach deren Auftrag auf ein in senkrechter Lage befindliches Probeblech abzulüften (im Falle der bevorzugten naß-in-naß Applikation), zu trocknen oder zu härten und dann die zweite keilförmige Schicht nach Drehung um 90° aufzutragen. Es sei darauf hingewiesen, daß der Begriff "Probeblech" im Rahmen der vorliegenden Erfindung keinerlei Beschränkung in der Materialauswahl darstellt, vielmehr handelt es sich lediglich um ein glattes, ebenes bzw. nicht gebogenes, beispielsweise rechteckiges Substrat aus beliebigen geeigneten Materialien, bevorzugt aus Metall oder Kunststoff. Insbesondere geeignet sind die in der Lackindustrie üblichen rechteckigen Prüfbleche beliebiger Abmessungen, beispielsweise in der Größenordnung von 600 mm mal 600 mm. Diese können beispielsweise aus Stahl sein. Bevorzugt erfolgt die Applikation zur Gewährleistung einer Reproduzierbarkeit mittels eines üblichen Automaten, wie er beispielsweise bekannt ist aus der EP-B-0 350 891. Beispielsweise können die beiden Schichtdickengradienten bevorzugt so erzeugt werden, daß die beiden betreffenden Lackschichten in mehreren beispielsweise zwei oder mehreren Spritzzyklen appliziert werden, wobei die Spritzzonen sich nur teilweise überdecken.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es beliebig, welche Schichten keilförmig (gradientenförmig) appliziert werden. Zweckmäßig werden die beiden Schichten keilförmig appliziert, an deren Auswirkung auf den visuellen Gesamteindruck man interessiert ist. Besonders bevorzugt handelt es sich dabei um direkt benachbarte Schichten, die jeweils in im rechten Winkel zueinander angeordneten Keilen lackiert werden.

Beispielsweise können sowohl die farb- und/oder effektgebende Basislackschicht als auch die Klarlackschicht einer Basislack/Klarlack-Zweischichtlackierung, wie sie im Bereich der Kraftfahrzeugserienlackierung bekannt ist, mit im rechten Winkel zueinander angeordneten Schichtdickengradienten appliziert werden.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden beim Auftrag der beiden gradientenförmig ausgebildeten interessierenden Schichten bevorzugt zwei oder mehrere Zonen auf dem Prüfblech ausgespart. Diese Zonen können beispielsweise streifenförmig, beispielsweise an den Rändern des Prüfblechs ausgebildet sein. Dies kann beispielsweise so erfolgen, daß beim Auftrag jeder einzelnen der beiden gradientenförmig ausgebildeten Schich-

ten die freibleibenden Zonen abgeklebt werden, beispielsweise durch streifenförmige Klebebänder. Die übrigen Schichten, einschließlich der weiteren gradientenförmig applizierten Schicht, werden in diesen Zonen in gleicher Weise wie auf dem gesamten Prüfblech appliziert. In der Praxis können hierzu beispielsweise die Aufkleber vor Auftrag der weiteren Schicht oder Schichten entfernt werden. Auf diese Weise wird es ermöglicht, die Schichtdicke der einzelnen gradientenförmig aufgetragenen Schichten an den einzelnen Meßpunkten durch Vergleich mit den ausgesparten Zonen additiv zu ermitteln.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt so durchgeführt, daß nach sorgfältiger Kalibrierung des Meßsystems das mit der Mehrschichtlackierung versehene Probeblech hinsichtlich der betreffenden den visuellen Eindruck beeinflussenden Oberflächeneigenschaft n-fach in Form eines sich über die gesamte Oberfläche erstreckenden aus n Meßpunkten bestehenden Gitters mittels optischer Meßverfahren vermessen wird, wobei für jeden Meßpunkt auch die Trockenschichtdicken der betreffenden keilförmigen Lackschichten gemessen werden. Bevorzugt beträgt die Anzahl der Meßpunkte $n =$ etwa 1500 bis etwa 3000. Die Schichtdicke wird mit den üblichen, dem Fachmann bekannten Methoden ermittelt, wie z. B. magnetische oder magnetisch-induktiv arbeitende Schichtdickenmeßverfahren (wie beispielsweise beschrieben in H. Kittel, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band 8/1, Verlag W.A. Colomb, 1980, Seite 140 ff. und Glasurit-Handbuch Lacke und Farben, Curt R. Vincentz Verlag, München, 1984, Seite 292 ff.), bevorzugt wird die Schichtdicke auf den bevorzugten Probeblechen aus Stahl mit magnetisch-induktiven Meßverfahren bestimmt. Beispielsweise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt so vorgegangen, daß mehrere Messungen entlang einer Linie mit gleicher Schichtdicke einer der betreffenden Lackschichten vorgenommen werden. Beispielsweise kann beginnend bei niedriger Schichtdicke und sich zu höchster Schichtdicke hin fortsetzend jeweils bevorzugt entlang äquidistanter Linien gemessen werden. Dabei erfaßt jede einzelne Linie gleiche Schichtdicken einer der betreffenden Lackschichten. Die verschiedenen äquidistant angeordneten Linien sind unterschiedlichen Schichtdicken einer der betreffenden Lackschichten zugeordnet. Beispielsweise wird ein Meßgitter aus insgesamt etwa 1500 bis etwa 3000 Meßwerten pro Probeblech erfaßt. Bei 1600 Meßpunkten können beispielsweise entlang 40 verschiedener Linien gleicher Schichtdicke einer der betreffenden Lackschichten jeweils 40 Meßwerte aufgenommen werden. Dabei werden die Abstände und Anzahl der Linien sowie der Meßpunkte so gelegt, daß bevorzugt mindestens etwa ein Meßpunkt pro Quadratzentimeter Lackoberfläche gemessen wird. Zur Verwertung können die erhaltenen Meßwerte als Korrelationsdiagramm in dreidimensionaler Darstellung (eine räumliche Darstellung aller optischen Meßpunkte als Funktion der beiden Schichtdicken) oder bevorzugt in Form einer Schar von Korrelationsdiagrammen (mehrere Darstellungen mit der entsprechenden Teilmenge der optischen Meßpunkte als Funktion der Schichtdicke der einen Lackschicht bei einer jeweils konstanten Schichtdicke der zweiten Lackschicht oder umgekehrt) dargestellt werden. Beispielsweise können die erhaltenen optischen Meßwerte von der Z-Achse, die zugehörigen Schichtdicken der beiden als Keillackierten Schichten von der X- bzw. der Y-Achse eines dreidimensionalen Korrelationsdiagramms abgetragen

werden oder die optischen Meßverfahren werden von der Ordinate und die zugehörigen Schichtdicken einer der keilförmig lackierten Schichten von der Abszisse eines Korrelationsdiagramms abgetragen, wobei dies mehrfach für verschiedene jeweils konstante Schichtdicken der zweiten keilförmig lackierten Schicht erfolgt oder umgekehrt. Man erhält für die zu charakterisierende Eigenschaft der mehrschichtig lackierten Oberfläche ein (dreidimensionales) bzw. mehrere (zweidimensionale) unverwechselbare Muster aus insgesamt n Punkten, die jeweils vergleichbar einem Fingerabdruck sind. Man erhält somit eine Bewertungsmöglichkeit der visuellen Eigenschaften einer Mehrschichtlackierung. Insbesondere läßt sich bewerten, ob und wie die visuellen Eigenschaften von definierten Applikations- und Trocknungsbedingungen sowie von der definierten Zusammensetzung der zur Herstellung der Mehrschichtlackierung verwendeten Lacke abhängen.

Die visuell erfassbaren Eigenschaften einer mehrschichtig lackierten Oberfläche werden beeinflusst durch das komplexe Zusammenspiel einer Fülle von variierbaren Parametern der Lackmaterialien selber, der eigentlichen Lackapplikation und der Lacktrocknung. Dieses Zusammenspiel beeinflusst beispielsweise das für das Auge wahrnehmbare Auftreten und die Ausprägung solcher Phänomene wie Farbton, Helligkeits- und/oder Farbflop (optische Anisotropie), Verlauf, Ablaufneigung, Orangenhautbildung, Mikrostruktur, Spritznebelaufnahmevermögen, Anlöseeffekte, Wolkigkeit bei Effektlackierungen, Deckfähigkeit, Glanz, Glanzschleier, Phänomene, die sich letztlich im visuellen Eindruck einer mehrschichtig lackierten Oberfläche niederschlagen. Jede dieser Eigenschaften kann die Grundlage für die beim erfindungsgemäßen Verfahren durchzuführenden Messungen bilden.

Das vorstehend erwähnte Spritznebelaufnahmevermögen zeigt sich insbesondere dann, wenn der einzelne betreffende Gradient in Form von mehreren versetzt aufgetragenen Lackschichten ausgebildet wird. An der Grenzfläche von zwei Lackschichten werden von der unteren Lackschicht Spritznebel aufgenommen, die beim Auftrag der darüberliegenden Lackschicht anfallen. Auf diese Weise läßt sich das Spritznebelaufnahmevermögen von Lackierungen beurteilen; dies ist wichtig, da sich Spritznebel in Lackierkabinen in der Praxis kaum vermeiden lassen.

Beispiele für visuell erfassbare und meßbare Eigenschaften sind Glanz, Glanzschleier (Haze), Oberflächenstruktur mit lang- und kurzwelligem Anteil, Farbton, beispielsweise Farbort, Farbstärke, Helligkeit.

Verfahren zur Messung des Glanzes lackierter Oberflächen sind die üblichen, dem Fachmann bekannten, auf dem Prinzip der Lichtreflexion basierenden goniophotometrischen Verfahren, wie beispielsweise beschrieben in H. Kittel, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band 8/1, Verlag W.A. Colomb, 1980, Seite 240 ff., Glasurit-Handbuch Lacke und Farben, Curt R. Vincentz Verlag, München, 1984, Seite 239 ff. und DIN 67530). Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt eingesetzte Glanzmeßgeräte sind handelsübliche Geräte, wie beispielsweise die von der Firma BYK-Gardner vertriebenen Geräte Microgloss® und Micro-Tri-Gloss®.

Beispiele für im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzbare Verfahren zur Messung des Glanzschleiers (Haze) lackierter Oberflächen sind die üblichen, dem Fachmann bekannten, ebenfalls auf dem Prinzip der Lichtreflexion basierenden goniophotometri-

schen Verfahren (wie beispielsweise beschrieben in Glasurit-Handbuch Lacke und Farben, Curt R. Vincentz Verlag, München, 1984, Seite 240). Es können die handelsüblichen, dem Fachmann geläufigen Meßgeräte eingesetzt werden. Ein im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt eingesetztes Meßgerät zur Bestimmung des Glanzschleiers ist beispielsweise das von der Firma BYK-Gardner vertriebene Gerät Microhaze®.

Beispiele für im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzbare Verfahren zur Farbmetrik lackierter Oberflächen sind die üblichen, dem Fachmann bekannten Verfahren zur Bestimmung der Reflexionskurven von Licht, woraus sich z. B. die im CIELAB-System gebräuchlichen farbmetrischen Größen L^* , a^* und b^* errechnen lassen (wie beispielsweise beschrieben in H. Kittel, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band 8/1, Verlag W.A. Colomb, 1980, Seite 252 ff., Glasurit-Handbuch Lacke und Farben, Curt R. Vincentz Verlag, München, 1984, Seite 220 ff.). Es können alle üblichen, dem Fachmann geläufigen Meßgeräte verwendet werden. Ein im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens beispielsweise bevorzugt eingesetztes farbmetrisches Meßgerät ist das von der Firma X-Rite vertriebene Gerät X-Rite MA 58, ein beispielsweise bevorzugt eingesetztes Meßgerät zur Bestimmung der Helligkeit ist das von der Firma BYK-Gardner vertriebene Gerät Micro-metallic®.

Ein Beispiel für eine im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzbare Methode zur Bestimmung des langwelligen und des kurzwelligen Anteils der Oberflächenstruktur lackierter Oberflächen ist das dem Fachmann bekannte auf dem Prinzip der durch Oberflächenstrukturen modulierten Lichtreflexion basierende goniophotometrische Verfahren. Es können alle üblichen, dem Fachmann geläufigen Meßgeräte verwendet werden. Beispielsweise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt das von der Firma BYK-Gardner vertriebene Meßgerät Wave-scan® (vgl. European Coatings Journal Nr. 1—2 (1995), Seite 32—35) eingesetzt.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es bevorzugt, die in Abhängigkeit vom Beleuchtungs- und/oder Betrachtungswinkel zu unterschiedlichen Meßergebnissen führenden Messungen, an solchen Probeblechen durchzuführen, die sich bei Lackapplikation und/oder -trocknung, bevorzugt bei Applikation und Trocknung insbesondere der beiden keilförmig applizierten Lackschichten, außerhalb der waagerechten Position, bevorzugt in einer senkrechten Position, befanden. Es ist besonders bevorzugt, wenn sich der Bereich höchster Schichtdicke der beiden im rechten Winkel zueinander angeordneten jeweils als Keil applizierten Lackschichten während der Lackapplikation und gegebenenfalls auch während der Lacktrocknung dabei jeweils am unteren, d. h. jeweils erdnäheren Ende des Probeblechs befand. Diese Verfahrensweise führt zu besonders aussagekräftigen und differenzierenden Koorelationsdiagrammen. Viele der optischen Messungen werden mit Meßgeräten durchgeführt, die einen Beleuchtungsstrahl aussenden und die Messung beispielsweise am reflektierten Strahl ausführen; diese Geräte haben daher eine Beleuchtungsrichtung, von der her beleuchtet wird, und eine dazu entgegengesetzte Betrachtungsrichtung (Meßrichtung). Bei der vorstehend genannten bevorzugten Ausführungsform ist es besonders bevorzugt, wenn die Beleuchtungs- und/oder Betrachtungsrichtung ungeachtet des für die Messung gewählten Beleuchtungs- und/oder Betrachtungswinkels am Probeblech in Richtung oder um

180 Grad entgegengesetzt einer Achse des Probeblechs verläuft. Bevorzugt wird hierzu die Achse gewählt, die bei Lackapplikation und/oder -trocknung derjenigen als Keil applizierten Lackschicht, von der der Haupteinfluß auf die entsprechende optische Messung ausgeht, bevorzugt während Lackapplikation und gegebenenfalls -trocknung dieser Schicht, auf einem außerhalb der Waagerechten, bevorzugt in der Senkrechten befindlichen Probeblech, von oben nach unten verlief. Für den Fachmann ist die Auswahl der Lackschicht, von der der Haupteinfluß auf die entsprechende Messung ausgeht, klar oder sie kann von ihm leicht anhand von Experimenten getroffen werden. Es hängt von der Art des zu untersuchenden Lackes ab, ob es dabei bevorzugt ist, in Richtung der Achse oder gegen die Achse zu beleuchten.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch im Bereich der Lack- und Bindemittelentwicklung verwendbar. Beispielsweise kann der Einfluß der Lackzusammensetzung auf die visuelle Wirkung einer unter Verwendung des oder der Lacke bei Einhaltung definierter Applikations- und Trocknungsbedingungen erhaltenen Mehrschichtlackierung ermittelt werden. Beispielsweise kann die visuelle Wirkung einer mehrschichtig lackierten Oberfläche von Art und Mengenanteil der Bindemittel in den Lacken, von der Art und Menge der flüchtigen Stoffe wie z. B. Lösemittel, von Art und Menge der Additive sowie von Art und Menge der Pigmente und Füllstoffe abhängen. Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit Erfolg auch schon in der Stylingphase eingesetzt werden, z. B. bei der Formulierung neuer, bisher unbekannter (Effekt)farbtöne. Auch die Stabilität von Lacken über einen längeren Zeitraum gegebenenfalls unter speziellen Bedingungen, beispielsweise deren Lager- und Ringleitungsstabilität, oder die Eignung von Lacken für einen fest vorgegebenen Lackierungsprozeß kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgreich überprüft werden. Wenn sich beispielsweise im Falle lager- oder ringleitungstabiler Lacke auch über einen längeren Zeitraum keine Veränderung im Effekt, im Farbton oder in der Oberflächenstruktur von mit ihnen lackierten Oberflächen ergibt, so zeigt sich das als unverändertes Muster in den entsprechenden nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Korrelationsdiagrammen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in der Qualitätskontrolle bei der Lackfertigung eingesetzt werden, beispielsweise zur Farbtonfreigabe. Dabei werden unter definierten Bedingungen Probebleche mit den zu prüfenden Lacken hergestellt und die entsprechenden Korrelationsdiagramme werden mit den Soll-Diagrammen auf Übereinstimmung als Freigabekriterium verglichen. Abweichungen des Lackmaterials können schnell und sicher erkannt und durch geeignete Einflußnahme auf den Fertigungsprozeß korrigiert werden. Dabei erkennt man mittels der Korrelationsdiagramme oftmals nicht nur die Abweichung an sich, sondern auch deren Ursache.

Weiterhin ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar bei der Entwicklung von Lackierprozessen, was sowohl den Prozeß der Lackapplikation als auch den Lacktrocknungsprozeß einschließt. Beispielsweise kann unter Verwendung jeweils ein und derselben Lacke und bei Konstanzhaltung aller Trocknungsparameter der Einfluß von Applikationsparametern auf die visuelle Wirkung der mehrschichtig lackierten Oberfläche untersucht werden. Es können auch die Applikationsparameter konstant gehalten werden und die

Trocknungsparameter variiert werden. Beispiele für variierebare Applikationsparameter sind Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Art und Betriebsweise des Sprühorgans, Höhe der Spannung bei elektrostatischer Applikation, Art und Schichtdicke der anderen, nicht als Keil lackierten Lackschichten einer Mehrschichtlackierung. Beispiele für variierebare Trocknungsparameter sind Abluftbedingungen wie Ablufttemperatur und -dauer, Temperatur/Zeit-Aufheizkurve des Trockenofens, Trocknungstemperatur bzw. Objekttemperatur als solche, Einbrenndauer, Luftfeuchtigkeit. Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird beispielsweise so vorgegangen, daß nur ein Applikations- bzw. Trocknungsparameter variiert wird, während die anderen Applikationsbzw. Trocknungsparameter konstant gehalten werden. Das bzw. die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Korrelationsdiagramme repräsentieren jeweils den Einfluß der Applikations- und/oder Trocknungsparameter auf die visuelle Wirkung einer mehrschichtig lackierten Oberfläche.

Beispielsweise kann das optimale Verarbeitungsfenster definierter Lacke hinsichtlich Luftfeuchtigkeit und -temperatur bei deren Applikation bestimmt werden, in dem der visuelle Eindruck und damit die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Korrelationsdiagramme konstant sind, d. h. es besteht die Möglichkeit einen sicheren Verarbeitungsbereich für gegebene Lacke zu definieren.

Weiterhin können beispielsweise ein oder mehrere Bereiche für solche Schichtdickenkombinationen der beiden als Keillackierten Schichten ermittelt werden, in denen der visuelle Eindruck der mehrschichtig lackierten Oberfläche bestimmten Vorgaben entspricht. In einem Diagramm, das die Schichtdicke der einen als Keillackierten Schicht gegen die Schichtdicke der zweiten als Keillackierten Schicht einer Mehrschichtlackierung aufträgt, können derartige Bereiche beispielsweise als Falschfarbendarstellung kenntlich gemacht werden.

Dementsprechend kann das erfindungsgemäße Verfahren auch mit Erfolg bei der Überwachung von Lackierprozessen eingesetzt werden, was sowohl die Überwachung der Lackapplikation als auch der Lacktrocknung einschließt. Ist beispielsweise sichergestellt, daß das eingesetzte Lackmaterial den Spezifikationen entspricht (was wie vorstehend erwähnt ebenfalls mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kontrolliert werden kann), so können Abweichungen vom vorgeschriebenen Lackierprozeß (wie beispielsweise die Nichteinhaltung vorgeschriebener Applikations- und/oder Trocknungsparameter) durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens schnell erkannt und korrigiert werden. Auch hier gilt, daß die Korrelationsdiagramme oftmals nicht nur die Abweichung an sich erkennen lassen, sondern auch deren Ursache.

Ein besonderer Wert des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich aus der Möglichkeit, das Zusammenwirken von Lackierprozeß und Lackformulierung zu studieren. Beispielsweise kann der Wunsch bestehen, in unterschiedlichen Lackieranlagen mit unterschiedlichen fest vorgegebenen Applikations- und/oder Trocknungsparametern Substrate mit dem gleichen visuellen Eindruck herzustellen. Durch Erstellen des oder der geeigneten Korrelationsdiagramme nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kann so beispielsweise ein geeignetes Additivkonzept für den Lack gefunden werden, das es gestattet im Prinzip jeweils den gleichen Lack einzusetzen, diesen jedoch jeweils mit den geeigneten Additiven

auf die speziellen Bedingungen unterschiedlicher Lackieranlagen anzupassen. So wird es möglich, daß in verschiedenen Lackieranlagen lackierte Teile den gleichen visuellen Eindruck aufweisen, was sich im jeweiligen Korrelationsdiagramm in einem identischen Muster widerspiegelt.

Nachstehend werden Beispiele für Oberflächenerscheinungen angegeben, die mit Hilfe der erfindungsgemäßen Verfahrensweise erfaßt und charakterisiert werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft eingesetzt werden zur Erfassung und Charakterisierung der Mikrostruktur, des Benetzungsverhaltens, des Verlaufs, der Ablaufneigung, des Anlöseverhaltens und des Orangenhauteffekts unter Einsatz von Verfahren zur Bestimmung des langwelligen und/oder kurzwelligen Anteils der Oberflächenstruktur lackierter Oberflächen, insbesondere durch Einsatz des vorstehend erwähnten Meßgeräts Wave-scan®.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren unter Einsatz farbmetrischer Methoden, insbesondere durch Bestimmung der Helligkeit vorteilhaft genutzt werden zur Erfassung und Charakterisierung der Deckfähigkeit, des Farbtons, des Helligkeitsflops, des Farbflops, der Wolkigkeit, der Spritznebelaufnahme, von Anlöseeffekten und insbesondere bei unter Verwendung von Effektbasislacken hergestellten Basislack/Klarlack-Zweischichtlackierungen zur Erfassung und Charakterisierung von Ablauferscheinungen des Effektbasislacks.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt automatisiert durchgeführt. Beispielsweise können das Meßgerät oder mehrere verschiedene Meßgeräte zugleich, beispielsweise ein Meßgerät für die Glanzmessung, ein Meßgerät zur Bestimmung der Oberflächenstruktur und ein Meßgerät zur Bestimmung der Helligkeit zugleich, von einer automatisch arbeitenden Bewegungseinrichtung entsprechend dem gewünschten Meßgitter über das mehrschichtig lackierte Probeblech geführt werden. Dies kann beispielsweise unter Verwendung eines an sich üblichen X,Y-Meßtisches realisiert werden. Die aus Meßwerten und diesen zugeordneten Dicken der keilförmig lackierten Schichten gebildeten Wertetripel können beispielsweise in einem angeschlossenen Rechner, z. B. Personalcomputer, gespeichert und anschließend als ein bzw. mehrere Korrelationsdiagramme ausgedruckt werden. Beispielsweise kann dieser Ausdruck als ein Korrelationsdiagramm in dreidimensionaler Darstellung (eine räumliche Darstellung aller optischen Meßpunkte als Funktion der beiden Schichtdicken) oder bevorzugt in Form einer Schar von Korrelationsdiagrammen (mehrere Darstellungen mit der entsprechenden Teilmenge der optischen Meßpunkte als Funktion der Schichtdicke der einen Lackschicht bei einer jeweils konstanten Schichtdicke der zweiten Lackschicht oder umgekehrt) erfolgen. Beispielsweise kann eine räumliche Darstellung aller optischen Meßpunkte als Funktion der Basislack- und der Klarlack-schichtdicke einer Basislack/Klarlack-Zweischichtlackierung erfolgen, oder man erhält eine Schar von Korrelationsdiagrammen, die jeweils den betreffenden Teil der optischen Meßpunkte als Funktion der Basislack-schichtdicke bei einer jeweils konstanten Klarlack-schichtdicke abbilden oder umgekehrt, d. h. der betreffende Teil der optischen Meßpunkte wird jeweils als Funktion der Klarlack-schichtdicke bei einer jeweils konstanten Basislack-schichtdicke dargestellt. Vorteilhaft, z. B. zwecks Durchführung eines bedienerunabhän-

gigen Nachtmeßbetriebs, kann der X,Y-Meßtisch gekoppelt sein mit einem automatischen Probenwechsler, in dem mehrere Probebleche gestapelt und diese nacheinander der Messung auf dem X,Y-Meßtisch zugeführt werden.

Besonders gut geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist beispielsweise eine Vorrichtung, wie sie in der noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung 196 05 520.2 der gleichen Anmelderin vom 15. Februar 1996 beschrieben wird. Es handelt sich dabei um eine Vorrichtung zur Bestimmung der visuellen Wirkung von auf Probeplatten aufgetragenen Lackierungen mit einem Meßtisch zum auswechselbaren Auflegen der Probeplatten, die dadurch gekennzeichnet ist, daß oberhalb des Meßtisches ein Halter für zum optischen Bewerten und zur Schichtdickenmessung der Lackierungen bestimmte Meßgeräte sowohl in Längsrichtung (Y-Achse) als auch in Querrichtung (X-Achse) des Meßtisches verfahrbar gelagert ist. Bevorzugt ist bei dieser Vorrichtung der Halter schrittweise verfahrbar gelagert. Der Halter kann beispielsweise an einer auf dem Meßtisch verfahrbar gelagerten Brücke angeordnet sein.

Die Brücke kann auf in Längsrichtung (Y-Achse) des Meßtisches verlaufenden Schienen abgestützt sein. Der Halter kann einen in Querrichtung (X-Achse) des Meßtisches an dem Joch der Brücke verfahrbar hängenden Wagen aufweisen. Bevorzugt weist der Wagen senkrecht zum Meßtisch verstellbare Halteeinrichtungen für die Meßgeräte auf. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können die Brücke und der Wagen mit einer Steuereinrichtung zum Anhalten der Brücke und/oder des Wagens an vorgegebenen oder beliebigen Stellen versehen sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit Erfolg eingesetzt werden und stellt ein wertvolles Werkzeug dar bei der Lackentwicklung, der Qualitätsprüfung im Rahmen der Lackfertigung sowie bei der Entwicklung und Überwachung von Lackierprozessen. Die erhaltenen Korrelationsdiagramme gestatten Voraussagen über die visuelle Wirkung einer unter Verwendung definierter Lacke und unter Einhaltung definierter Applikations- und/oder Trocknungsbedingungen hergestellten mehrschichtig lackierten Oberfläche. Die charakteristische Form der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Korrelationsdiagramme erlaubt es einen Trend hinsichtlich der Veränderung der visuellen Wirkung einer mehrschichtig lackierten Oberfläche in Abhängigkeit von der Schichtdicke betreffender Lackschichten abzuleiten.

Das erfindungsgemäße Verfahren liefert eine gute Korrelation mit dem visuellen Eindruck einer mehrschichtig lackierten Oberfläche, wie ihn das menschliche Auge wahrnimmt. Es läßt sich mit wenig Lackmaterial und mit einem einzigen Probeblech rationell und schnell durchführen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der visuellen Wirkung von Mehrschichtlackierungen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Lackschichten auf die Oberfläche eines ebenen Substrats appliziert und getrocknet oder gehärtet werden, wobei zwei der Lackschichten mit einem im rechten Winkel zueinander angeordneten Schichtdickengradienten appliziert werden, und auf der so erhaltenen mehrschichtig lackierten Oberfläche anschlie-

ßend an über die Oberfläche verteilten verschiedenen Meßpunkten, jeweils eine oder mehrere den visuellen Eindruck beeinflussende Oberflächeneigenschaften mittels eines oder mehrerer optischer Meßverfahren, sowie die jeweilige Dicke jeder einzelnen der beiden gradientenförmig applizierten Lackschichten vermessen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an Meßpunkten gemessen wird, die teilflächig oder vollflächig in Form eines gitterförmigen Rasters über die lackierte Oberfläche verteilt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Applikation der Lackschichten an einer senkrecht ausgerichteten Oberfläche des Substrats erfolgt, wobei jeweils die höchste Schichtdicke der Gradienten am unteren erdnäheren Ende ausgebildet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsrichtung und/oder Betrachtungsrichtung (Meßrichtung) der Meßgeräte der lackierten Oberfläche in Richtung der oder um 180 Grad entgegengesetzt zur Achse der Oberfläche erfolgt, die bei Applikation der gradientenförmig ausgebildeten Lackschicht, der das Hauptinteresse gilt, in der senkrechten Stellung der Oberfläche von oben nach unten verlief.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung automatisiert durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erhaltenen Meßpunkte in ein oder mehrere Korrelationsdiagramme der Schichtdicken und dem jeweils zugehörigen optischen Meßpunkt eingetragen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erstellung der Korrelationsdiagramme im Anschluß an die jeweilige Messung automatisch über einen Rechner erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein dreidimensionales Korrelationsdiagramm erstellt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erstellten Korrelationsdiagramme als Fingerabdruck einer speziellen Lackierung, insbesondere zum Vergleich mit einem Soll-Fingerabdruck, verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Oberflächeneigenschaften, die den visuellen Eindruck beeinflussen, Glanz, Glanzschleier (Haze), Oberflächenstruktur, Farbort, Farbstärke und/oder Helligkeit gemessen werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zu lackierendes Substrat mit ebener Oberfläche ein Probeblech verwendet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die den jeweiligen optischen Meßpunkten zugeordnete Dicke der gradientenförmigen Lackschicht magnetisch-induktiv gemessen wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Charakterisierung der Mikrostruktur, des Benetzungsverhaltens, des Verlaufs, der Ablaufneigung, des

Anlöseverhaltens und/oder des Orangenhauteffekts von Lacken bzw. Lackierungen unter Verwendung eines Meßgeräts zur Bewertung der Oberflächenstruktur durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Charakterisierung des Anlöseverhaltens, der Ablaufneigung, der Deckfähigkeit, des Farbtons, Helligkeitsflops, Farb-flops, der Wolkigkeit und/oder der Spritznebelaufnahme von Lacken bzw. Lackierungen unter Verwendung eines farbmetrischen Meßgeräts durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Charakterisierung des Ablaufverhaltens von Effektbasislacken durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es im Bereich der Bindemittel- und Lackentwicklung, zur Prüfung der Lager- und/oder Ringleitungsstabilität, zur Qualitätskontrolle und/oder zur Entwicklung oder Überwachung der Lackapplikation und/oder von Trocknungs- bzw. Lackhärtungsprozessen durchgeführt wird.

- Leerseite -